山东水龙骨科植物孢粉学研究及其在分类上的意义

李晓娟[1]，李建秀[2*]

（1. 山东现代学院，济南 250104；2. 山东中医药大学，济南 250014）

摘　要：基于 *Flora of China* 采用国际石松类和蕨类植物新分类系统，其水龙骨科（Polypodiaceae）不仅涵盖了秦仁昌分类系统中的水龙骨科（Polypodiaceae）20 多属，还包括槲蕨科（Drynariaceae）、鹿角蕨科（Platyceriaceae）等独立的科。水龙骨科（Polypodiaceae）新分类系统种类较多，分类复杂，需对其合理性和孢粉学在新分类系统中的意义进行新的探讨。该文首次以新分类系统，采用扫描电镜对山东分布的水龙骨科（Polypodiaceae）植物孢子形态及其周壁纹饰亚显微结构进行系统观察。该科孢子形态为圆肾形，左右对称，具周壁，其周壁纹饰在种内稳定，在亚科、属及种间区别显著。孢粉学研究结果，支持槲蕨亚科、鹿角蕨亚科分别列于水龙骨科下的两个亚科；基于山东假瘤蕨孢子周壁纹饰，并结合叶片形态特征，山东假瘤蕨（*Phymatopteris shandongensis* J. X. Li et C. Y. Wang）应为一个独立的新种，不宜并入金鸡脚假瘤蕨[*P. hastata* (Thunb.) Pic. Serm.]。依据《国际植物命名法规》和 *Flora of China* 分类系统，山东假瘤蕨（*Phymatopteris shandongensis* J. X. Li et C. Y. Wang）新组合为山东假瘤蕨[*Selliguea shandongensis* (J. X. Li et C. Y. Wang) J. X. Li & X. J. Li, comb. nov.]。不仅首次为水龙骨科植物孢粉学积累了新的资料，而且也为其新分类系统提供了孢粉学依据，与 DNA 分类系统相吻合，证明其新分类系统的合理性和科学性，在构建水龙骨科及其亚科的自然分类系统中具有重要意义。

关键词：水龙骨科，槲蕨亚科，鹿角蕨亚科，星蕨亚科，山东假瘤蕨，孢粉学，扫描电镜，山东

中图分类号：Q949　　　　**文献标识码：**A

Palynology of the Polypodiaceae from Shandong and its significance in classification

LI Xiaojuan[1], LI Jianxiu[2*]

(1. *Shandong Xiandai University*, Jinan 250104, China; 2. *Shandong University of Traditional Chinese Medicine*, Jinan 250014, China)

基金项目：2019 年中医药公共卫生服务补助专项“全国中药资源普查项目”（财社〔2019〕39 号）[Supported by the “National Traditional Chinese Medicine Resources Survey Project” for TCM Public Health Service Special Subsidy in 2019 ([2019] 39)]。

作者简介：李晓娟（1985-），女，山东临沂市人，博士，讲师，从事中药资源学及孢粉学研究，(E-mail) lixiaojuan124@163.com。

*__通信作者__：李建秀，教授，主要从事蕨类植物分类学和孢粉学研究，(E-mail) jianxiu_li@163.com。

Abstract：The new classification system of international Lycopods and Ferns in the *Flora of China*, Polypodiaceae includes more than 20 genus of Polypodiaceae in the Qinrenchang classification system, and also includes independent families such as Drynariaceae and Platyceriaceae. The new classification system of Polypodiaceae in the *Flora of China* throws up many issues which in need of investigation and further clariofication. Here we investigate the spore morphology and perispore ornamentation submicroscopic structure of Polypodiaceae from Shandong Province using scanning electron microscopy (SEM). This is the first palynological study based new classification system of Polypodiaceae. This shows the spores morphology of Polypodiaceae to be reniform, bilaterally symmetrical, and possessing a perispore, the perispore ornamentation being stable within species, with clear distinctions between subfamily, genus and species. The palynological studies supported two of the subfamilies of Polypodiaceae-Drynaria and Platycerium delineated in the FOC. In addition the perispore ornamentation when combined with leaf morphological characteristics showed that *Phymatopteris shandongensis* J. X. Li et C. Y. Wang is a distinct species, and should be restored to a species level position rather than incorporated with *P. hastata* (Thunb.) Pic. Serm., but not as *Phymatopteris* but as a new combination *Selliguea shandongensis* (J. X. Li et C. Y. Wang) J. X. Li & X. J. Li, comb. nov. according to the International Code of Botanical Nomenclature and the classification system of Flora of China. Not only has our study accumulated new information for the palynology of Polypodiaceae, but it also provides a palynological basis for its new classification system, which is consistent with molecular analysis, and confirms the rationality of the new classification system of Polypodiaceae and its subfamilies.

Key words: Polypodiaceae, Drynarioideae, Platycerioideae, Microsoroideae, *Selliguea shandongensis*, palynology, SEM, Shandong

秦仁昌院士多年深入研究，将中国产的蕨类植物建立了秦仁昌分类系统（秦仁昌，1978），并根据这一分类系统，2000 年编写出版了《中国植物志》6（2）。在这一分类系统中，水龙骨科（Polypodiaceae）（20 多属）、槲蕨科（Drynariaceae）、鹿角蕨科（Platyceriaceae）等单列为独立的科。一些学者从植物分类学（李建秀，1984，1985，1990；李建秀等，1996；张宪春，2012）、孢粉学（张玉龙等，1976；张金谈，1979；张金谈和王伏雄，1988；Li et al., 1988；李建秀等，1997；刘家熙和赵云云，1999；李晓丹等，2008；邵文等，2010；王全喜和戴锡玲，2010；姜楠等，2010；李晓娟等，2016）等进行一系列的研究。

20 世纪末到 21 世纪初，基于国际上分子生物学的出现，更新了我们对于整个维管植物界演化关系的认识。DNA 系统分类学的出现和已有的分子证据，一个和 APG 系统并行的石松类和蕨类植物完整科属分类(Christenhusz et al., 2011)正式提出，在国际上得到高度认同。基于现有认识，在国内 *Flora of China* (Zhang et al., 2013)及张宪春分类系统（张宪春和孙久琼，2015）率先采用这一新分类系统，对中国石松类和蕨类

植物进行分类，更新了秦仁昌分类系统（秦仁昌，1978），在国内得到蕨类植物学者高度认同。新分类系统的水龙骨科（Polypodiaceae）（Zhang et al., 2013；张宪春和孙久琼，2015），涵盖了秦仁昌分类系统中的水龙骨科（Polypodiaceae）、槲蕨科（Drynariaceae）、鹿角蕨科（Platyceriaceae）和星蕨属（*Microsorum*），将其列为水龙骨科中的5个亚科：剑蕨亚科（Loxogrammoideae H. Schneid.）、槲蕨亚科（Drynarioideae Crabbe, Jermy & Mickel）、鹿角蕨亚科（Platycerioideae B. K. Nayar）、星蕨亚科（Microsoroideae B. K. Nayar）和水龙骨亚科（Polypodioideae B. K. Nayar）（Zhang et al., 2013；张宪春和孙久琼，2015）。因此，水龙骨科（Polypodiaceae）在 *Flora of China* 和张宪春新分类系统（2015）与秦仁昌分类系统（1978）中，虽然用的是同一科名 Polypodiaceae，但两个不同分类系统包涵的分类群有很大差异。我们首次采用扫描电镜对 *Flora of China* 收载的山东分布的水龙骨科（Polypodiaceae）中的槲蕨亚科（Drynarioideae Crabbe, Jermy & Mickel）、鹿角蕨亚科（Platycerioideae B. K. Nayar）、星蕨亚科（Microsoroideae B. K. Nayar）3 亚科、4 属中收载（Zhang et al., 2013）及未收载的植物（李建秀，1984）孢子形态亚显微结构进行系统观察，为探索孢粉学与 DNA 分类系统的关系及 *Flora of China* (Zhang et al., 2013)和张宪春分类系统（张宪春和孙久琼，2015）的合理性，为构建水龙骨科植物自然分类系统提供孢粉学科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

实验材料来源于山东分布的水龙骨科（Polypodiaceae）中的槲蕨亚科（Drynarioideae Crabbe, Jermy & Mickel）槲蕨属[*Drynaria*（Bory）J. Sm.]和修蕨属（*Selliguea* Bory）、鹿角蕨亚科（Platycerioideae B. K. Nayar）石韦属（*Prussia* Mirbel）、星蕨亚科（Microsoroideae B. K. Nayar）瓦韦属[*Lepisorus* (J. Sm.) Ching]，9 种植物发育良好成熟的孢子（表 1），凭证标本及新种模式标本（李建秀，1984），经山东中医药大学李建秀鉴定，收藏于山东中医药大学药用植物标本馆（SDCM），采用 *Flora of China* 的分类名称，未被 *Flora of China* 收载的新种山东假瘤蕨[*Selliguea shandongensis* (J. X. Li et C. Y. Wang) J. X. Li & X. J. Li]，采用《植物分类学报》（李建秀，1984）发表新种模式标本（J. X. Li-0109 typus) 名称。孢子形态特征按孢粉学概念进行描述。

1.2 方法

分别从山东分布的水龙骨科（Polypodiaceae）9 种植物的凭证标本或模式标本上，选取成熟孢子，均匀散在标本托双面胶纸上，采用英国 SC7620 溅射镀膜仪喷金镀膜 2 min，然后将喷金镀膜的标本置于德国蔡司 SUPRATM55 热场发射扫描电镜下，观察孢子的极面和赤道面，各 10 粒，挑选典型的、有代表性的孢子，放大倍数由高倍（×5 000）到低倍（×1 500），待电压稳定，调整焦距，照相并做图版。

表 1 材料来源

Table 1 Source of materials

种名 Species	采集地 Locality	采集时间 Collection time	凭证或模式标本 Voucher or typus
槲蕨 *Drynaria roosii* Nakaike	山东济南 Jinan, Shandong	2018-08-06	J. X. Li-0836
金鸡脚假瘤蕨 *Selliguea hastata* (Thunb.) Fraser-Jenk.	烟台昆嵛山 Kunyushan, Yantai	1983-08-13	J. X. Li-813-1
山东假瘤蕨 *Selliguea shandongensis* (J. X. Li et C. Y. Wang) J. X. Li & X. J. Li	临沂蒙山 Mengshan, Linyi	1982-08-15	J. X. Li-0109 (typus)
有边瓦韦 *Lepisorus marginatus* Ching	烟台牙山 Yashan, Yantai	1982-08-12	J. X. Li-08
乌苏里瓦韦 *Lepisorus ussuriensis* (Regel & Maack) Ching	烟台牙山 Yashan, Yantai	1985-08-09	J. X. Li-13-1
远叶瓦韦 *Lepisorus ussuriensis* var. *distans* (Makino) Tagawa	临沂蒙山 Mengshan, Linyi	1985-07-14	J. X. Li-028
瓦韦 *Lepisorus thunbergianus* (Kaulf.) Ching	青岛崂山 Laoshan, Qingdao	1988-08-16	J. X. Li-10-1
有柄石韦 *Pyrrosia petiolosa* (Christ) Ching	临沂蒙山 Mengshan, Linyi	2016-08-16	J. X. Li-08123
华北石韦 *Pyrrosia davidii* (Giesenh. ex Diels) Ching	青岛崂山 Laoshan, Qingdao	1988-07-12	J. X. Li-108

2 结果与分析

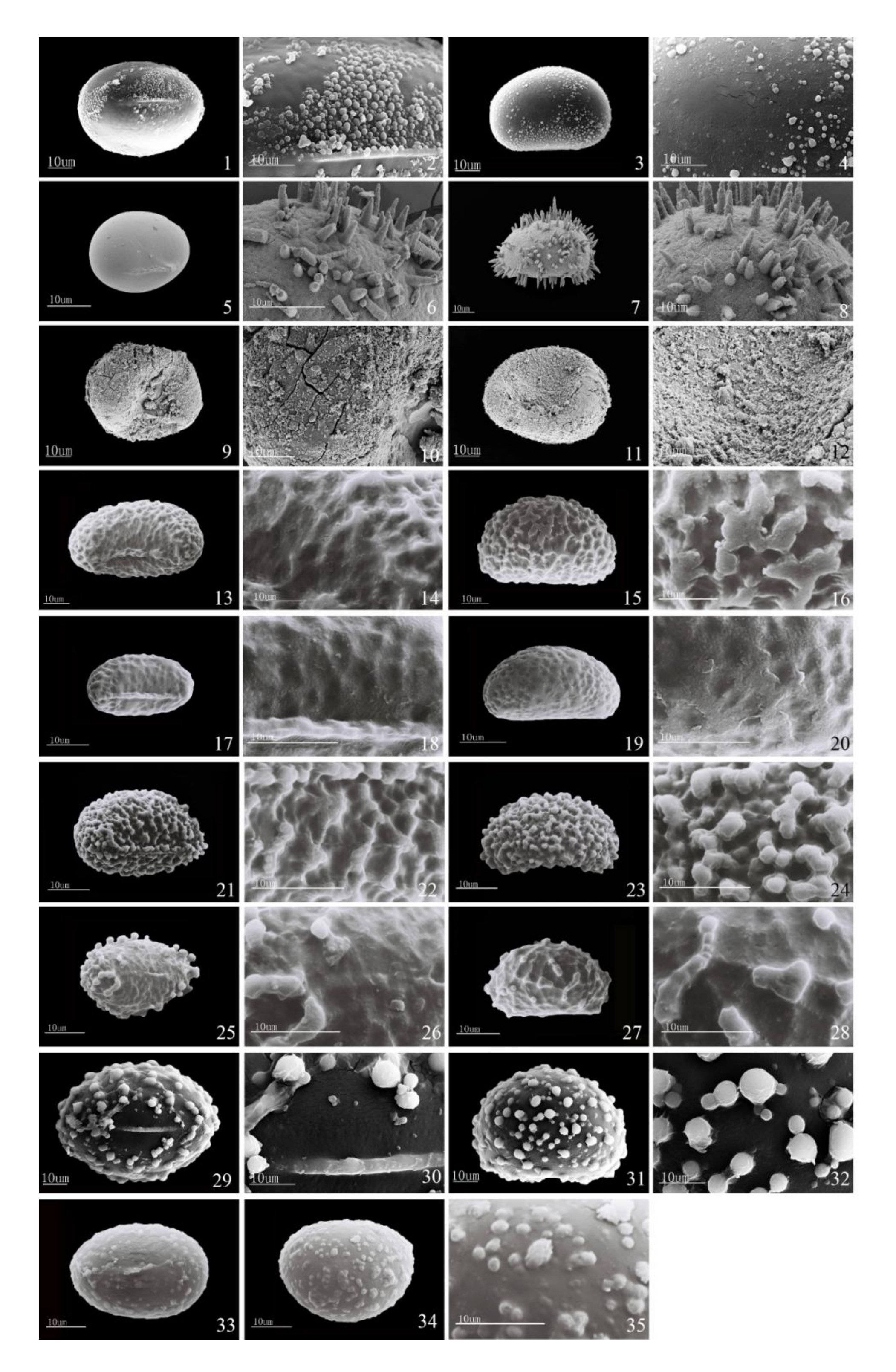
山东分布的水龙骨科（Polypodiaceae）中，槲蕨亚科（Drynarioideae Crabbe, Jermy & Mickel）槲蕨属[*Drynaria*（Bory）J. Sm.]槲蕨（*D. roosii* Nakaike）和修蕨属（*Selliguea* Bory）金鸡脚假瘤蕨[*S. hastata* (Thunb.) Fraser-Jenk.]、山东假瘤蕨[*S. shandongensis* (J. X. Li et C. Y. Wang) J. X. Li & X. J. Li]；鹿角蕨亚科（Platycerioideae B. K. Nayar）石韦属（*Prussia* Mirbel）有柄石韦[*P. petiolosa* (Christ) Ching]、华北石韦[*P. davidii* (Giesenh. ex Diels) Ching]；星蕨亚科（Microsoroideae B. K. Nayar）瓦韦属[*Lepisorus* (J. Sm.) Ching]有边瓦韦（*L. marginatus* Ching）、乌苏里瓦韦[*L. ussuriensis* (Regel & Maack) Ching]、远叶瓦韦[*L. ussuriensis* var. *distans* (Makino) Tagawa]、瓦韦[*L . thunbergianus* (Kaulf.) Ching]。共计 3 亚科、4 属 9 种植物发育良好成熟的孢子，其孢子形态极面观为类圆形或圆肾形，赤道面观为类圆形或超半圆形，左右对称。单裂缝，裂缝长为孢子极轴的 2/3 左右，具周壁，是水龙骨科（Polypodiaceae）孢子形态的共同特征。槲蕨亚科（Drynarioideae Crabbe, Jermy & Mickel）槲蕨属[*Drynaria*（Bory）J. Sm.]和修蕨属（*Selliguea* Bory），其孢子周壁亚显微结构为颗粒状或刺状纹饰；鹿角蕨亚科（Platycerioideae B. K. Nayar）石韦属（*Prussia*

Mirbel），其孢子周壁亚显微结构为瘤状纹饰；星蕨亚科（Microsoroideae B. K. Nayar）瓦韦属[*Lepisorus* (J. Sm.) Ching]，其孢子周壁亚显微结构为波纹状及瘤块状纹饰。这些特征，在亚科、属和种内稳定；在亚科、属及种间区别显著（表 2，图版I，检索表）。

表 2 山东水龙骨科植物孢子形态及周壁纹饰

Table 2 Spore morphology and perispore ornamentation of the Polypodiaceae in Shandong

种名 Species	纹饰类型 Ornamentation type	极面观 Polar view	赤道面观 Equatorial view	大小 Size (μm^2)	图版 I Plate I
槲蕨 *Drynaria roosii* Nakaike	颗粒状 Granulate	类圆形 Circular	超半圆形 Super semicircular	35.3 × 56.6	1-4
金鸡脚假瘤蕨 *Selliguea hastata* (Thunb.) Fraser-Jenk.	刺状 Echinate	类圆形 Circular	半圆形 Semicircular	28.1 × 42.6	5-8
山东假瘤蕨 *Selliguea shandongensis* (J. X. Li et C. Y. Wang) J. X. Li & X. J. Li	细颗粒状 Granulate	类圆形 Circular	类圆形 Circular	47.0 × 52.4	9-12
有边瓦韦 *Lepisorus marginatus* Ching	深波状 Sinuate	圆肾形 Reniform	超半圆形 Super semicircular	40.6 × 58.9	13-16
乌苏里瓦韦 *Lepisorus ussuriensis* (Regel & Maack) Ching	波纹状 Undulate	圆肾形 Reniform	超半圆形 Super semicircular	37.0 × 56.6	17-20
远叶瓦韦 *Lepisorus ussuriensis* var. *distans* (Makino) Tagawa	密集瘤块状 Densely tuberculate-rugulate	圆肾形 Reniform	超半圆形 Super semicircular	40.6 × 58.4	21-24
瓦韦 *Lepisorus thunbergianus* (Kaulf.) Ching	稀疏瘤块状 Scarcely tuberculate-rugulate	圆肾形 Reniform	超半圆形 Super semicircular	36.1 × 64.3	25-28
有柄石韦 *Pyrrosia petiolosa* (Christ) Ching	瘤状 Tuberculate	长圆形 Long circular	超半圆形 Super semicircular	62.1 × 70.3	29-32
华北石韦 *Pyrrosia davidii* (Giesenh. ex Diels) Ching	不均匀瘤状 Uneven tuberculate	类圆形 Circular	类圆形 Circular	50.6 × 58.6	33-35



注：**1-4**. 槲蕨；**5-8**. 金鸡脚假瘤蕨；**9-12**. 山东假瘤蕨；**13-16**. 有边瓦韦；**17-20**. 乌苏里瓦韦；**21-24**. 远叶瓦韦；**25-28**. 瓦韦；**29-32**. 有柄石韦；**33-35**. 华北石韦。**2**, **6**, **10**, **14**, **18**, **22**, **26**, **30**, **35**. 孢子极面观局部放大；**4**, **8**, **12**, **16**, **20**, **24**, **28**, **32**. 孢子赤道面观局部放大。

Note: **1-4**. *Drynaria roosii*; **5-8**. *Selliguea hastate*; **9-12**. *Selliguea shandongensis*; **13-16**. *Lepisorus marginatus*; **17-20**. *Lepisorus ussuriensis*; **21-24**. *Lepisorus ussuriensis* var. *distans*; **25-28**. *Lepisorus thunbergianus*; **29-32**. *Pyrrosia petiolosa*; **33-35**. *Pyrrosia davidii*. **2**, **6**, **10**, **14**, **18**, **22**, **26**, **30**, **35**. Spore polar view local amplification; **4**, **8**, **12**, **16**, **20**, **24**, **28**, **32**. Spore equatorial view local amplification.

图版I 扫描电镜下水龙骨科孢子形态研究

Plate I Spore morphology of the Polypodiaceae under SEM

分亚科、属和种检索表

1a. 植株具腐殖质积聚叶或叶片基部扩大成宽耳形以积聚腐殖质；孢子周壁具颗粒状纹饰。

2a. 腐殖质聚集叶槲叶状，或仅叶片基部扩大成宽耳形，以积聚腐殖质；正常叶一回深羽裂或羽状；孢子囊群着生脉叉处或 2 脉之间；无隔丝；孢子周壁颗粒状纹饰密集，但分布不均匀..1. 槲蕨亚科 Drynarioideae 槲蕨属 *Drynaria* 槲蕨 *D. roosii*

2b. 腐殖质积聚叶圆形；正常叶为掌状 2 歧深裂，形如鹿角状，被星状毛；孢子囊群生于裂片分叉处或能育叶裂片上；有星芒状隔丝；孢子周壁具稀少的细颗粒状纹饰……………………………………………………………………2. 鹿角蕨亚科 Platyceriouideae 鹿角蕨属 *Platycerium* 鹿角蕨 *P. wullichii*

1b. 植株无上述腐殖质聚集叶或积聚腐殖质的叶片基部；孢子周壁具瘤状、刺状、细颗粒、波纹状、瘤块状纹饰。

3a. 孢子囊群小，多行生于叶片背面，被星状毛覆盖，具星芒状隔丝；孢子周壁具瘤状纹饰…………………………………………………………………………2. 鹿角蕨亚科 Platyceriouideae 石韦属 *Pyrrosia*

4a. 叶一型，叶片狭披针形，先端渐尖；孢子周壁具不均匀瘤状纹饰……………华北石韦 *P. davidii*

4b. 叶近 2 型，叶片狭披针形，先端钝圆形；孢子周壁具均匀瘤状纹饰…………有柄石韦 *P. petioiosa*

3b. 孢子囊群大，圆形，背生于叶片主脉两侧，无星状毛。

5a. 单叶，不分裂，或羽状深裂或羽状，不具隔丝；孢子周壁具刺状、细颗粒状纹饰……………………………………………………………………...…1. 槲蕨亚科 Drynarioideae 修蕨属 *Selliguea*

6a. 叶片羽状深裂或羽状；孢子周壁具刺状纹饰…………………………金鸡脚假瘤蕨 *S. hastate*

6b. 单叶，不分裂；孢子周壁具细颗粒状纹饰………………………山东假瘤蕨 *S. shandongensis*

5b. 单叶，不分裂，叶片线形或披针形，有隔丝；孢子周壁具波纹状、瘤块状纹饰。…………………………………………………………3. 星蕨亚科 Microsoroideae 瓦韦属 *Lepisorus*

7a. 根茎鳞片网眼均透明。

8a. 根茎鳞片近卵形，网眼细密透明；叶片宽通常 2～3 cm，有软骨质狭边；孢子周壁具深波状纹饰…………………………………………………………………有边瓦韦 *L. marginatus*

8b. 根茎鳞片卵状披针形或三角状卵形，鳞片网眼为粗筛孔。

9a. 根茎鳞片卵状披针形，网眼大而透明；叶片线状披针形，中部宽 0.5～1 cm，先端短渐尖；孢子周壁具波纹状状饰………………………………乌苏里瓦韦 *L. ussuriensis*

9b. 根茎鳞片三角状卵形，网眼大透明，叶片披针形，先端渐尖；孢子周壁密集瘤块状纹饰…………………………………………………………………远叶瓦韦 *L. ussuriensis*

7b. 根茎鳞片披针形，具细筛孔，网眼不透明，仅边缘 1～2 行网眼透明；叶片线状披针形，先

端渐尖；孢子周壁具稀疏瘤块状纹饰……………………………………………瓦韦 *L. thunbergianus*

3 讨论与结论

3.1 孢粉学在水龙骨科分类系统中的意义

该文所研究的山东分布的水龙骨科（Polypodiacea）新分类系统，系指 *Flora of China* (Zhang et al., 2013) 及张宪春（张宪春和孙久琼，2015）率先采用的新分类系统中的水龙骨科（Polypodiacea）新概念。与基于植物分类学为依据的秦仁昌分类系统（秦仁昌，1978），虽然都是采用水龙骨科（Polypodiaceae）同一个科的学名，但两个不同的分类系统，所涵盖的分类群有很大差异。后者仅涵盖水龙骨科（Polypodiacea）瓦韦属[*Lepisorus* (J. Sm.) Ching]、石韦属（*Pyrrosia* Mirbel）、假瘤蕨属（*Phymatopteris* Pic. Serm.）等 20 多个属。则前者基于 DNA 分子系统分类学为依据的 *Flora of China* (Zhang et al., 2013)和张宪春新分类系统(张宪春和孙久琼，2015），除涵盖秦仁昌分类系统（秦仁昌，1978）中的水龙骨科（Polypodiaceae）外，还涵盖了槲蕨科（Drynariaceae）、鹿角蕨科（Platyceriaceae）等几个独立的科。水龙骨科（Polypodiaceae）下设立 5 亚科：剑蕨亚科（Loxogrammoideae H. Schneid.）（山东不产）、槲蕨亚科（Drynarioideae Crabbe, Jermy & Mickel）槲蕨属[*Drynaria* (Bory) J. Sm.]、修蕨属[*Selliguea* Bory (*Phymatopteris* Pic. Serm.)]、鹿角蕨亚科（Platycerioideae B. K. Nayar）鹿角蕨属（*Platycerium* Desv.）和石韦属（*Pyrrosia* Mirbel）、星蕨亚科（Microsoroideae B. K. Nayar）瓦韦属[*Lepisorus* (J. Sm.) Ching]和水龙骨亚科（Polypodioideae B. K. Nayar）（山东不产）。孢子是蕨类植物繁殖器官的核心部位，是遗传物质存在的主要场所和性状十分稳定形态学的表达形式。蕨类植物孢子形态在分类学和系统发育研究上具有重要意义，孢粉外壁和周壁纹饰类形在不同类群间有很大差异，可以作鉴别不同类群的重要特征，或建立一个高级分类群单元重要依据之一（卢金梅等，2007）。该文首次以 *Flora of China* (Zhang et al., 2013)和张宪春（张宪春和孙久琼，2015）新分类系统对水龙骨科（Polypodiacea）进行分类学、系统学和孢粉学相结合的综合研究，国内外未见报道。扫描电镜下其孢子形态左右对称，单裂缝，极面观类圆形至圆肾形，赤道面观类圆形至超半圆形，具周壁及其亚显微结构特征，在科和亚科的水平上具有重要的分类学意义，孢粉学与 DNA 系统分类相吻合，为水龙骨科（Polypodiacea）及科下建立亚科的合理性、客观性和科学性，以及为其提供孢粉学的科学依据，以孢粉学的资料证明其是一个大自然群；该文研究显示：槲蕨属（*Drynaria*）1 种，并参考王全喜等研究 4 种（王全喜和戴锡玲，2010），其孢子周壁均具颗粒状纹饰；修蕨属（*Selliguea*）2 种，并参考王全喜等研究 3 种（王全喜和戴锡玲，2010）和鹿角蕨属（*Platycerium*），并参考王全喜等研究 6 种（王全喜和戴锡玲，2010），其孢子周壁具刺状和细颗粒状纹饰；石韦属（*Pyrrosia*）2 种，其孢子周壁具瘤状纹饰；瓦韦属（*Lepisorus*）4 种，其孢子周壁分别具波纹状、瘤块状纹饰，分别与王全喜和戴锡玲（王全喜和戴锡玲，2010）的研究相吻合，其孢子周壁纹饰在属的分类上具有重要的分类学意义，不仅为 *Flora of China* (Zhang et al., 2013)和张宪春（张宪春和孙久琼，2015）水龙骨科（Polypodiaceae）新分类系统积累了孢粉学新资料，为探讨 *Flora of China* 和张宪春新分类系统（2015）的合理性提供孢粉学依据，与 DNA 新分类系统相吻合，而且也为亚科、属和近缘种的分类鉴定提供了孢子形态依据，在构建水龙骨科植物自然分类系统中

具有重要意义。

3.2 孢子周壁纹饰亚显微结构特征在种间分类中的意义

山东假瘤蕨（*Phymatopteris shandongensis* J. X. Li et C. Y. Wang）（李建秀，1984）是 1984 年发表的一个新种，收载于《山东植物志》（李建秀，1990）。《中国植物志》6(2)（中国科学院中国植物志编辑委员会，2000）将其与金鸡脚假瘤蕨[*Phymatopteris hastata* (Thunb.) Pic. Serm.]合并，采用金鸡脚假瘤蕨[*Phymatopteris hastata* (Thunb.) Pic. Serm.]学名。*Flora of China* 在[*Selliguea hastata* (Thunb.) Fraser-Jenk.]中作为异名收载 (Zhang et al., 2013)。根据山东假瘤蕨（*Phymatopteris shandongensis* J. X. Li et C. Y. Wang）（李建秀，1984）单叶，叶片椭圆形，先端钝圆，叶柄纤细如丝，孢子周壁具有明显的细颗粒状纹饰（李晓娟等，2016），与金鸡脚假瘤蕨[*Phymatopteris hastata* (Thunb.) Pic. Serm.]孢子周壁具刺状纹饰（李晓娟等，2016），这是两种截然不同的孢子周壁亚显微结构特征。某些蕨类植物，植株形态与近缘种极为相似，单从形态特征鉴定难以区分，一直被蕨类植物学家视为分类难度较大的类群。随着科学的发展，研究方法和手段的多样化，内容的深入，经典分类学仅依据植株宏观形态特征远远不够，必须借助扫描电镜与孢子周壁亚显微结构相结合，解决一些种群的难题。假瘤蕨属植物孢子纹饰特征用以鉴别属内的近缘种（邵文等，2010），根据孢子周壁这一显著区别特征，结合山东假瘤蕨叶片的其他特征，我们不能接受《中国植物志》6(2)（中国科学院中国植物志编辑委员会，2000）和 *Flora of China* (Zhang et al., 2013)的做法，发表了恢复山东假瘤蕨（*Phymatopteris shandongensis* J. X. Li et C. Y. Wang）在分类学上的地位，为其正名的建议（李晓娟等，2016）。依据 *Flora of China* 修蕨属（*Selliguea* Bory）分类新系统和《国际植物命名法规》相关规定，将山东假瘤蕨（*Phymatopteris shandongensis* J. X. Li et C. Y. Wang）新组合为山东假瘤蕨[*Selliguea shandongensis* (J. X. Li et C. Y. Wang) J. X. Li & X. J. Li, comb. nov.]。

致谢：该文承蒙美国密苏里植物园张丽兵研究员和英国 Julian Harber 指导，深表谢意。

参考文献:

Chinese Academy of Sciences, Editorial Board of Journal of Chinese Plant Chronicles, 2000. Flora Reipublicae Popularis Sinicae [M]. Beijing: Science Press, 6(2): 10-296. [中国科学院中国植物志编辑委员会，2000. 中国植物志 [M]. 北京：科学出版社，6(2)：10-296.]

JIANG N, DAI XL, CAO JG, et al., 2010. Spore morphology of pteridophytes from China X. Polypodiaceae [J]. Acta Bot Boreal-Occident Sin, 30(11): 2151-2163. [姜楠，戴锡玲，曹建国，等，2010. 中国蕨类植物孢子形态的研究 X. 水龙骨科 [J]. 西北植物学报，30(11)：2151-2163.]

LI JX, 1984. Two new species of Pteridophyta in Shandong [J]. Acta Phytotax Sin, 23(2): 164-166. [李建秀，1984. 山东蕨类植物两新种 [J]. 植物分类学报，23(2)：164-166.]

LI JX, 1985. The list of Shandong ferns [J]. J Shandong Coll Trad Chin Med, 9: 11-20. [李建秀，1985. 山东蕨类植物名录 [J]. 山东中医学院学报，9：11-20.]

LI JX, ZHOU FQ, ZHANG YL, 1988. Studies on the spore morphology of *Hypodematium* in China [C] // SHING

KH, KRAMER KU, eds. Proceedings of the ISSP. Beijing: China Science & Technology Press: 269-272.

LI JX, 1990. Flora of Shandong [M]. Qingdao: Qingdao Publishing House: 136-145. [李建秀，1990. 山东植物志 [M]. 青岛：青岛出版社：136-145.]

LI JX, ZHOU FQ, WANG DZ, 1990. Studies on the spore morphology of *Lepisorus* Ching in Shandong [J]. Acta Phytobiol Sin, 1(1): 77-79. [李建秀，周凤琴，王代芝，1990. 山东瓦韦属孢子形态的研究 [J]. 植物生物学学报，1(1)：77-79.]

LI JX, ZHOU FQ, WAN P, 1996. The retrieval table of Shandong ferns [C] // TIAN JZ. Chinese medicine research and application. Beijing: Chinese Medicine Ancient Books Publishing House: 262-279. [李建秀，周凤琴，万鹏，1996. 山东蕨类植物检索表[C] // 田景振. 中药研究及应用. 北京：中医古籍出版社：262-279.]

LI JX, ZHOU FQ, ZHANG YC, 1997. The significance of pollen morphological characteristics in the new taxonomy by SEM [C] // Editorial Board of Science and Education Series. The Volume of the Chinese Science and Education. Chengdou: Hongqi Press: 944. [李建秀，周凤琴，张玉翠，1997. 扫描电镜下孢子形态特征在新分类群中的意义 [C] // 科教兴国丛书编辑委员会. 中国科教论文集. 成都：红旗出版社：944.]

LIU JX, ZHAO YY, 1999. Advances and prospects in research of spore morphology of the Pteridophyta [C] // ZHANG XC, SHING KH, eds. Ching Memorial Volume. Beijing: China Forestry Publishing House: 331-334. [刘家熙，赵云云，1999. 蕨类植物孢粉形态研究进展 [C] // 张宪春，邢公侠. 纪念秦仁昌论文集. 北京：中国林业出版社：331-334.]

LI XD, XIAO YP, SUN RR, 2008. Study on the spore morphology of Polypodiaceae and Loxogrammaceae from Qinling mountain [J]. J Inner Mongolia Norm Univ, 37(3): 422-426. [李晓丹，肖亚萍，孙蓉蓉，2008. 秦岭水龙骨科和剑蕨科植物孢子形态研究 [J]. 内蒙古师范大学学报，37(3)：422-426.]

LI XJ, ZHOU GF, XU N, et al., 2016. Research on spore morphology of *Phymatopteris shandongensis* and *Phymatopteris hastata* [J]. Plant Sci J, 34(5): 680-683. [李晓娟，周国富，徐宁，等，2016. 山东假瘤蕨与金鸡脚假瘤蕨的孢子形态研究 [J]. 植物科学学报，34(5)：680-683.]

LU JM, LI DZ, WU D, 2007. Spore morphology of the family Dryopteridaceae [J]. Acta Bot Yunnan, 29(4): 397-408. [卢金梅，李德铢，吴丁, 2007. 鳞毛蕨科的孢子形态研究 [J]. 云南植物研究, 29(4): 397-408.]

QIN RC, 1978. The Chinese fern families and genera: Systematic arrangement and historical origin [J]. Acta Phytotax Sin, 16(3): 1-19; 16(4): 16-37. [秦仁昌，1978. 中国蕨类植物科属的系统排列和来源 [J]. 植物分类学报，16(3)：1-19；16(4)：16-37.]

SHAO W, SHANG QC, LU SG, 2010. Spore ornamentation of 22 species in the fern genus *Phymatopteris* Pichi Serm. under SEM [J]. Acta Botanica Boreal-Occident Sin, 30(3): 524-529. [邵文，商清春，陆树刚，2010. 22 种假瘤蕨属植物孢子纹饰超微特征 [J]. 西北植物学报，30(3)：524-529.]

WANG QX, DAI XL, 2010. Study on the spore morphology of Polypodiales (Filicales) from China [M]. Beijing: Science Press: 108-117. [王全喜，戴锡玲，2010. 中国水龙骨目（真蕨目）植物孢子形态的研究 [M]. 北京：科学出版社：108-117.]

ZHANG YL, XI YZ, ZHANG JT, et al., 1976. Spore Pteridophytorum Sinicorum [M]. Beijing: Science Press: 343-365. [张玉龙，席以珍，张金谈，等，1976. 中国蕨类植物孢子形态 [M]. 北京：科学出版社：343-365.]

ZHANG JT, 1979. Some groups of classification and phylogeny were discussed on the basis of the pollen

morphological characters [J]. Acta Phytotax Sin, 17(2): 1-7. [张金谈，1979. 从孢粉形态特征试论植物某些类群的分类与系统发育 [J]. 植物分类学报，17(2)：1-7.]

ZHANG JT, WANG FX, 1988. Research advances of pollen morphology [J]. Chin Bull Bot, 5(2): 77-81. [张金谈，王伏雄，1988. 孢粉形态研究进展 [J]. 植物学通报，5(2)：77-81.]

ZHANG XC, 2012. Lycophytes and ferns of China [M]. Beijing: Peaking University Press: 574-641. [张宪春，2012. 中国石松类和蕨类植物 [M]. 北京：北京大学出版社：574-641.]

ZHANG XC, LU SG, LIN YX, et al., 2013. Flora of China (Vol. 2-3.) [M]. Beijing: Science Press; St. Louis: Missouri Botanical Garden Press: 758-803.

ZHANG XC, SUN JQ, 2015. A glossary of terms and names of lycopods and ferns [M]. Beijing: China Forestry Publishing House: 193. [张宪春，孙久琼，2015. 石松类和蕨类名词及名称 [M]. 北京：中国林业出版社：193.]